

Arne Jakobsen

Praktisk Kursusplanlægning

**CDM's skriftserie nr. 2
DTU 1999**

Indhold

Indledning.....	5
1. Udvikling af et kursus. Et eksempel.....	7
2. Undervisningsmål. Kompetence	9
3. Studerendes forudsætninger	11
4. Valg og strukturering af indhold	13
Centrale elementer	14
Sekvensering af emner	15
5. Valg og strukturering af indlæringsprocesser.....	19
Sekvensering af læreprocesser	19
Induktivt princip.....	21
Konfrontation med virkeligheden	22
Eksplitering af læreprocessen.....	22
6. Valg af undervisnings- og eksamensformer	25
Evaluerings- og indlæringsmidler.....	26
Eksamen	26
7. Resume	27
8. Teoretisk grundlag.....	29
Referencer	31

Indledning

Formålet med dette skrift er at beskrive og konkret illustrere anvendelsen af principper for planlægning af kurser i ingeniøruddannelser.

En første udgave af skriftet blev i 1995 udarbejdet med henblik på at danne grundlag for kvalitetsudvikling af kurser i forbindelse med kvalitetsudviklingsprojektet "Faglig Sammenhæng".

Et udgangspunkt for dette projekt har været, at det er et problem for mange universitetsuddannelser, at mange studerende gennem deres uddannelse opnår en for ringe forståelse af fagenes mest centrale begreber, modeller, sammenhænge og typer af ræsonnementer. Dette problem har i de senere år været genstand for en stigende bekymring og der er en ganske omfattende behandling heraf i den internationale litteratur. Resultater fra evalueringer, foretaget i forbindelse med kvalitetsudviklingsprojektet, synes at bekræfte, at det også gælder DTU's uddannelser. I projektet er forskellige typer af vanskeligheder, studerende har med at opnå forståelse, identificeret. De principper, der beskrives i dette skrift, sigter især mod at imødegå sådanne vanskeligheder.

I skriftet behandles alene planlægning og forbedring af de enkelte kurser. Forhold omkring sammenhæng mellem kurser, progression i længere uddannelsesforløb og de enkelte kursers bidrag til den samlede kompetence uddannelsen giver, er alene behandlet udfra dette perspektiv.

Udgangspunktet for planlægning og strukturering af et kursus kan være et nyt kursus i en ingeniøruddannelse eller f.eks. et efteruddannelseskursus. I så fald bør planlægningsprocessen omfatte en analyse fra grunden af, af den kompetence kurset skal give og overvejelser over undervisningsmål og afgrænsning af kursets indhold.

I mange tilfælde, og det vil vi opfatte som det typiske, er udgangspunktet imidlertid et allerede eksisterende kursus, hvor der foreligger et undervisningsmål og en afgrænsning af indholdet, og hvor opgaven er at forbedre kursets plan og struktur. Man må da forholde sig til det eksisterende mål og til den afgrænsning der er foretaget. Afhængig af opgavens karakter kan det så føre til større eller mindre revisioner.

I skriftet behandles principper og overvejelser i forbindelse med planlægning af kurser meget kortfattet og i en meget praktisk udgave. Skriftet indledes med en kort beskrivelse af et kursus, som udgør et gennemgående eksempel. Planlægningen af dette kursus gennemgås trinvis i de følgende afsnit som illustration af behandlingen af principper og overvejelser. I afsnit 7 resumeres i stikordsform de vigtigste principper.

I det afsluttende afsnit gøres der kort rede for grundlaget for de overvejelser og principper, skriftet behandler, og der refereres til mere udførlige, teoretiske fremstillinger.

Skriftet er drøftet med projektgruppens medlemmer. Når der i teksten står "vi", refererer det til projektgruppen.

1. Udvikling af et kursus. Et eksempel

Planlægning af et kursus kan bestå i at opdele det stof man mener er dækkende i et antal dele, svarende til antallet af lektioner, og så bruge den tid man kan afse til at forberede forelæsninger og finde gode opgaver. Eller, såfremt det drejer sig om et øvelseskursus, at finde og planlægge et passende antal øvelser, der illustrerer dele af stoffet.

Den planlægningsproces vi vil behandle er mere omfattende. Ifølge den opfattelse af undervisning og indlæring, der ligger til grund for det følgende, bør udgangspunktet for lærerens overvejelser og planlægning ikke så meget ligge i, hvordan læreren skal meddele stoffet, men mere i at give de bedste rammer for de studerendes indlæring.

Vi vil pege på en række hensyn man bør tage hertil, og på principper man kan benytte eller lade sig inspirere af, og vi vil illustrere overvejelser og brug af principper, der kan indgå i planlægning af et kursus udfra et gennemgående, konkret eksempel.

Vi forestiller os at vi skal kvalitetsudvikle et kursus i "Fundamental og Anvendt Metrologi".¹

Indholdet i kurset, som det indledende er afgrænset, vedrører måling af en række "måledimensioner": længde, masse, mol, tid, elektriske størrelser.

Indholdet omfatter teori af meget forskellig oprindelse og karakter.

En del, som kan betegnes måleteori, udgøres af teori, principper og begreber, der knytter sig til målinger generelt, og som i forskellig udformning vedrører alle "dimensioner". Det drejer sig om emner som analyse af et måleproblem, principper for valg af metode og udstyr, kalibrering og usikkerhedsberegning. Et tværgående element er det internationale system for størrelser og enheder, SI-systemet.

De nævnte emner har en ret direkte relation til løsning af praktiske problemer. Andre emner, som for eksempel forståelsen af behovet for enheder og definitioner, har en mere grundlæggende karakter og udgør en generel baggrund for andre dele af stoffet .

Til hver "dimension" hører mere specifik viden om principper for måling og om konventioner og enheder. Desuden indgår emner, f.eks. teoretisk-fysiske forhold, som vedrører enkelte "dimensioner".

Tilknyttet den egentlige måleteori er forståelse af historiske tendenser med hensyn til målinger og enheder. Nogle af disse er generelle, eksempelvis tendensen til at basere definitioner af enheder (meter, sekund etc.) på reproducerbare naturmål i stedet for på fysiske "normaler" og tendenser med hensyn til art og udvikling af internationalt samarbejde.

¹ Et sådant kursus afholdes af Dansk Institut for Fundamental Metrologi for blandt andet studerende på DTU. Når vi har valgt dette kursus, skyldes det flere forhold. Kursets indhold vedrører målinger, som har relation til mange ingeniørfag og skulle i det omfang, vi her behandler det, være forståeligt for alle ingeniører. Desuden har kurset en afgrænsning og struktur som er typisk for mange ingeniørfag. Eksemplet benyttes efter aftale med instituttet, som har læst vores fremstilling og meget beredvilligt deltaget i drøftelser heraf. Det skal bemærkes, at flere af de alternative afgrænsninger, struktureringer og valg af undervisningsmetoder der i det følgende behandles, er vores egne eksemplificeringer og ikke (nødvendigtvis) benyttet af instituttet eller udtryk for instituttets pædagogiske prioriteringer.

Udover hvad der kan betegnes måleteori, indgår i kurset en del fysik samt statistik og sandsynlighedsregning som direkte baggrund for måletekniske metoder.

Endelig omfatter faget såvel viden, forståelse og færdighed med hensyn til praktisk måling, som kendskab til måleudstyr og fornemmelse for størrelsesordener. Kursets afgrænsning er således mere baseret på, hvad vi vil betegne en kvalifikationsmodel end en disciplinmodel. Der indgår emner fra flere, meget forskellige, fagområder og videnskabelige discipliner. Samtidig har metrologi dog en karakter af en selvstændig teknisk-videnskabelig disciplin og dette spiller en vis rolle for afgrænsningen af kurset.

2. Undervisningsmål. Kompetence

En forudsætning for en rationel planlægning af et kursus er, at det står klart hvilke typer af kompetence de studerende skal opnå ved at følge kurset. Der må foreligge en rimelig grad af afklaring af, hvad de studerende efter at have fulgt kurset skal vide, hvad de skal forstå, og hvilke typer af problemer de skal kunne løse. Dette udtrykkes i summarisk form i et undervisnings- eller kursusmål.

I det foreliggende kursus skal deltagerne først og fremmest sættes i stand til at analysere et måleproblem. Det indebærer, at de i et vist omfang også selvstændigt skal kunne løse måleproblemer, men ikke at de opnår en rutine eller praktisk kompetence som f.eks. en måleteknikers. Kompetencen skal være den mere overordnede, at de kan gennemskue måleproblemer, kan vurdere mulige løsninger heraf, kan vurdere hvilke vanskeligheder løsning af et givet måleproblem indebærer og kan vurdere andres løsninger af måleproblemer. Dette forudsætter en generel forståelse af centrale dele af metrologisk teori, ligesom det forudsætter forståelse af tekniske forhold, tendenser i den senere historiske udvikling, samt af udviklingen og betydningen af internationalt samarbejde. Endelig skal deltagerne opnå en fornemmelse for størrelsesordner.

Mange undervisningsmål er formuleret, så det stort set kun fremgår, hvilke emner der indgår i kurset. Med henblik på planlægning er selve formuleringen af mål måske heller ikke så vigtig. Men det er afgørende for at kunne planlægge og prioritere mellem emner og måder at undervise på, at det står planlæggeren klart hvilken kompetence der tilstræbes.

Vi har ovenfor nævnt forskellige typer af kompetence - at studerende skal være i stand til at analysere og løse problemer, have forståelse, have viden etc. Mere systematisk kan vi se på forskellige generelle niveauer af kompetence², som vi mener giver mening i forbindelse med kurser i ingeniøruddannelser:

- Et niveau af kompetence er at have viden, kunne gengive facts og metoder og kunne løse opgaver af bestemte standardtyper ved brug af kendte metoder.
- Et højere og mere krævende kompetenceniveau består i at kunne anvende principper og metoder til løsning af problemer af andre typer end den, hvori de er lært.
For at kunne det, må studerende have forstået principper og metoder, kunne gennemskue sammenhænge og genkende principper i andre situationer og repræsentationer og kunne ræsonnere ud fra begreber og principper.³

² Der er udviklet flere såkaldte taxonomier for målniveauer, af hvilke den mest kendte nok er B. S. Blooms. I modsætning til denne er de oven for beskrevne kompetenceniveauer udviklet med henblik på hvad der er afgørende for professionsuddannelser som f.eks. ingeniøruddannelser. Se endvidere herom i afsnit 8.

³ At der er forskel mellem at kunne løse typelignende opgaver og have forståelse af metoder og principper er i mange tilfælde påvist ved tests og interviews i projekt Faglig Sammenhæng. Bliver de studerende bedt om at forklare, hvad anvendelse af en metode indebærer – evt. blot forklare, hvad de enkelte led i et matematisk formuleret udtryk eller model står for, må de ofte give op, selvom de er i stand til at anvende udtrykket ved løsning af en typeopgave. Spaltningen mellem en sådan beregningskompetence og egentlig forståelse af metoder er en vanskelighed, der fremgår af mange interviews med studerende. Den fremgår tillige af, at studerende gennemgående klarer eksamensopgaver langt bedre end tests der måler forståelse.

- Et tredje niveau består i at de studerende kan løse komplekse, praktiske problemer. Det forudsætter en forståelse svarende til det netop omtalte niveau. Men medens dette kan opnås under idealiserede, velafgrænsede omstændigheder med tilrettelagte problemer, forudsætter dette tredje niveau tillige, at de studerende kan gennemskue åbne, komplekse og utilstrækkeligt oplyste, praktiske problemer og modellere og begrebsliggøre dem ud fra fagets (fagenes) teori. Det forudsætter tillige, at de kan vurdere såvel metoders anvendelighed som krav til resultater.

Det tredje niveau svarer til, hvad man kan betegne en egentlig professionel kompetence. Det er vel usikkert, om det kan og bør nås fuldt ud i en kandidatuddannelse. Det forudsætter et kendskab til praktiske problemer og situationer og en grad af fortrolighed med stoffet, som man næppe opnår før man i nogen tid har arbejdet praktisk eller videnskabeligt med et fagområde. På den anden side udgør en sådan kompetence, evt. i modificeret form, det ultimative formål for uddannelsen som de enkelte kurser må bidrage til.

Det overordnede mål for metrologikurset, at studerende sættes i stand til at analysere et måleproblem, omfatter elementer af dette niveau, men der tages forbehold for den praktiske kompetence. Herudover indgår der delemner, for hvilke målet er på lavere kompetenceniveauer.

Udover den kompetence, der direkte vedrører de enkelte fagområder, skal universiteter give studerende kompetence af mere generel art: selvstændig arbejdsform, evne til samarbejde, kommunikative færdigheder og evne til kritisk tænkning, for at nævne nogle. Sådanne typer af kompetence udtrykkes sjældent i målet for de enkelte kurser, men skal de opnås i løbet af uddannelsen, må det ske i forbindelse med undervisningen i de enkelte kurser.

3. Studerendes forudsætninger

Såvel mangler i de studerendes forudsætninger - som forskelle i forudsætninger og usikkerheden om faktiske forudsætninger - udgør et alvorligt problem for planlægningen. Det gælder kurset i metrologi såvel som andre kurser.

Kurset i metrologi har en vejledende placering på 6. semester og som formelle forudsætninger et kursus i kvanteteori og et kursus i faststoffysik eller i laserteknik. Udover en generel fysisk-matematisk kunnen, som må forventes af studerende på et kursus med denne placering, forudsætter lærerne et kendskab til statistik og sandsynlighedsregning samt til områder inden for elektrofysik og mekanik.

Der er flere grunde til at usikkerheden om studerendes forudsætninger udgør et problem for planlægningen af et kursus. For det første er det usikkert i hvilke grad studerende har de formelle forudsætninger dvs. hvor mange der har gennemført og bestået de kurser der angives som forudsætninger.

Væsentligere er det dog nok, at det er meget usikkert, hvad studerende rent faktisk husker og forstår af de fagområder, der er forudsat - fagområder de måske har stiftet bekendtskab med halve eller hele år tidligere. Af de tests af forudsætninger, der er gennemført i forbindelse med projekt Faglig Sammenhæng, fremgår det at de studerende havde en ganske mangelfuld viden om og forståelse af de fagområder lærerne forudsatte bekendt. Det gælder såvel forudsætninger studerende antages at møde med fra gymnasiet som forudsætninger fra indledende og videregående kurser i uddannelsen. I overensstemmelse med resultater fra andre undersøgelser viser testene at problemet i høj grad gælder meget basale, grundlæggende begreber.

Usikkerheden om studerendes forudsætninger stiller lærerne i et dilemma. Vælger man at ignorere manglende forudsætninger, må det nødvendigvis resultere i manglende indlæring. Vælger man at rette op på manglerne, kan det betyde en alvorlig reduktion af tiden til undervisning i det egentlige kursusindhold.

Grundlæggende kan problemet ikke forventes løst af lærerne på de enkelte kurser. Det vedrører rammerne for uddannelsen. Men det kan i nogen grad afhjælpes ved i starten af et kursus, eller i starten af et kortere undervisningsforløb, at give studerende en test med spørgsmål i de forudsætninger, der er mest afgørende for at få udbytte af kurset. En samlet opgørelse af resultater af testen, som kan besvares anonymt, kan danne grundlag for hvad læreren vil gøre ved problemet og den kan præsenteres for holdet. Afhængigt af omstændighederne kan læreren repetere eller genopfriske stof som udgør nødvendige forudsætninger eller overlade dette til de studerende. Under alle omstændigheder kan læreren gøre klart hvad de helt nødvendige forudsætninger er⁴.

Problemet vil være alvorligst på kurser hvor der fra starten direkte bygges videre på (mangelfulde) teoretiske forudsætninger og mindre på kurser, hvor der tages udgangspunkt i mere konkret stof.

⁴ For brug af tests og typer af tests, blandt andet forudsætningstests, se "Tests og Opgaver i Undervisningen i Ingeniøruddannelser" CDM's skriftserie nr 2.DTU 1998.

4. Valg og strukturering af indhold

Et kursus' struktur kan betyde flere ting. Det kan referere til den sekvens, i hvilken forskellige dele af stoffet behandles, eller til den sekvens af forskellige undervisningsformer i hvilken de studerende engageres. Strukturering i disse betydninger vil vi behandle i senere afsnit. Men struktur kan også ses i analogi til begrebet topologi og referere til forskellige opdelinger af stoffet, til de indbyrdes relationer mellem de forskellige dele af stoffet og til de centrale elementer og sammenhænge mellem disse. Vi vil starte med at behandle et kursus' struktur i denne betydning og søge at illustrere, hvad vi mener hermed.

Et fagområdes struktur i denne betydning angiver relationer mellem fagområdets forskellige dele. I et kompendium, der er udarbejdet til kurset i metrologi (6) knyttes indholdet til de måledimensioner der behandles hver for sig - til måling af længde, måling af masse og mol, måling af tid osv. Disse er tildelt hvert et kapitel, som omfatter: den historiske udvikling og tendenser heri – metrologisk teori knyttet til pågældende dimension - kendskab til måleudstyr - analyse og gennemførelse af måleproblemer etc. Strukturen kan skitseres således:

dimension 1(f.eks. måling af længde): historisk dimension, enheder, måleteori, praktisk udførelse af måling.....
--

dimension 2 (f.eks. måling af tid): do
--

dimension 3: do

osv.

En alternativ struktur ville man få ved at gå på tværs heraf: Starte med historisk udvikling – derefter behandle måleenheder – derefter måleteori – osv.

Man kan imidlertid også opdele stoffet ud fra typer af kompetence for eksempel:

Type af kompetence:

Baggrund herfor:

Vurdering og løsning af måleproblemer og herunder emner som: Analyse af måleproblem Usikkerhedsbudget kalibrering -
--

Forståelse af tekniske og måleteoretiske begreber og sammenhænge, som direkte relaterer sig til løsning af problemer, generelle og specifikke mht. dimensioner.

Fysiske forhold

Forståelse af måleteoretiske problemer, som ikke direkte relaterer sig til løsning af bestemte problemer.

Statistik, sandsynlighedsberegning

Forståelse af tendenser i udviklingen

Forståelse af internationalt samarbejde

I disse eksempler refererer struktur til forskellige opdelinger af stoffet og til de indbyrdes relationer mellem områdets forskellige dele. Forskellige strukturer fås afhængigt af den synsvinkel man anlægger.

Men et fagområdes struktur kan også referere til en prioritering af bestemte elementer af stoffet, at ikke alle elementer af stoffet har samme vægt - at nogle er særligt centrale og vigtige med henblik på at give forståelse af fagområdet, skabe sammenhæng, eller med henblik på at kunne anvende stoffet.

Centrale elementer

Der er meget stof som er relevant for et kursus som *Fundamental og Anvendt Metrologi*. Det gælder de fleste kurser på DTU såvel som på mange andre højere uddannelser. Skal alt gennemgås, og gennemgås med samme vægt, må det blive meget overfladisk.

Men ikke alt stof er lige vigtigt. Der er elementer af stoffet, som det fremfor andet stof bør sikres at de studerende virkelig forstår og husker, som der bør ofres tid på og gives opgaver i og som bør gøres til genstand for øvelser - også på bekostning af andet stof. Vi vil anføre to grunde til at begreber, modeller, sammenhænge og typer af ræsonnementer kan være særligt centrale og vigtige:

- de giver forståelse af og sammenhæng i faget
- de er vigtige som led i en ingeniørs kompetence med henblik på at kunne anvende fagets teori ved løsning af problemer

Kernen i det såkaldte eksemplariske princip er netop dette, at man ved at lægge vægt på de centrale elementer af stoffet opnår en højere grad af forståelse af fagområdet og en mere brugbar kompetence.

Et eksempel på et centralt element, som kan illustrere hvad vi mener, er begrebet "sporbarhed" i metrologikurset.

Overensstemmelsen mellem hvad et måleinstrument viser og den "sande" værdi af den størrelse, det angiver at måle, sikres gennem en kalibrering. For eksempel kalibreres en vægt ved hjælp af et lod, hvis masse er bestemt ved sammenligning med et lod af en højere nøjagtighedsklasse. En sådan sammenligning er første led i en kæde af sammenligninger med stadig mere nøjagtige lodder, og kæden ender ved den internationale prototype i Paris, som definerer kilogrammet. Sporbarhed refererer til denne kæde.

Begrebet er centralt, fordi det angiver noget meget vigtigt i måleteori, og det er knyttet til og giver øget mening i andre begreber som nøjagtighed og kalibrering. Det er tillige centralt med henblik på at løse måleproblemer i praksis.

Et andet eksempel på et centralt element er afgørelsen af, hvad der i forbindelse med en måling er systematiske og hvad der er tilfældige fejl.

En anden type af centrale elementer, der knytter sig til en problemløsningskompetence, er en generel "fasemodel" for gennemførelse af en måleopgave: analyse af et måleproblem, valg af udstyr, kalibrering af udstyr, gennemførelse af måling, dataanalyse og usikkerhedsbudget.

Endelig er der centrale elementer, som udgør specielle udformninger af mere grundfaglige begreber, i metrologieksemplet begreber fra sandsynlighedsregning og fysik.

Afgørelsen af hvad der er centrale elementer i stoffet udgør et led i planlægningen som ligger tæt op ad bestemmelsen af kompetence og undervisningsmål. Den bør angive, hvad studerende *skal* lære, og hvad der dermed i planlægningen skal lægges særlig vægt på. Det kan være ensbetydende med, at andet stof gennemgås mere summarisk - eller slet ikke gennemgås. Har de studerende i midlertid virkelig forstået det mest centrale, vil de være godt hjulpet med hensyn til at sætte sig ind i detaljer, de ikke har fået gennemgået. Og omvendt. Opnår de ikke forståelse af det centrale i et fag i løbet af uddannelsen, vil de ofte få meget svært ved det senere.

Sekvensering af emner

En logisk fremstilling af et fag eller et emne indebærer en bestemt orden, i hvilken delemner introduceres - en sekvensering udfra en ide eller et princip. Det kan dreje sig om logiske principper, f.eks. et kronologisk, et morfologisk eller et genetisk princip. Eller om pædagogiske principper eller opfattelser, f.eks. at nemme emner skal introduceres før sværere emner eller andre principper.

I naturvidenskabelige og ingeniørvidenskabelige fremstillinger er en faglogisk sekvensering af emner oftest deduktiv: Stof der introduceres skal logisk kunne begrundes i det stof, der forudgående er behandlet. En sådan sekvensering er som regel ensbetydende med at det mere generelle kommer før det specifikke - at generelle lovmæssigheder introduceres først og stof, der handler om anvendelser og det vil normalt sige i specifikke tilfælde, introduceres efterfølgende.

Når et kursus struktureres, overtages meget ofte dette faglogiske princip. Det er meget tit indlæringsmæssigt uheldigt. Det betyder, at det mest generelle stof, som regel det mere grundvidenskabelige, introduceres før det konkrete. Og det er ensbetydende med, at det mest abstrakte stof, og dermed det der er vanskeligst at forestille sig og forstå, introduceres før det konkrete stof, som studerende har størst mulighed for at relatere til noget kendt, og som de derfor har mest mulighed for umiddelbart at forestille sig og forstå.

De vanskeligheder dette indebærer, har ofte været behandlet i didaktikken. Det illustreres meget tydeligt af erfaringerne med den didaktiske retning eller skole der lå bag "den ny matematik"⁵. Det var her et grundlæggende princip, at elever meget tidligt skulle indføres i det generelle i matematikundervisning; det aksiomatiske. Og erfaringerne var, at det gav store forståelsesmæssige vanskeligheder.

I den nyere forskning har man fundet, bl.a. ved en række forsøg i forbindelse med lægestudiet, at der var fordele ved at starte med at bibringe studerende forståelse af det konkrete (klinisk teori) og bruge denne forståelse til efterfølgende at opnå forståelse af det abstrakte (biomedicinsk teori)⁶.

⁵ Se videre afsnit 8.

⁶ Se videre afsnit 8.

I forbindelse med de senere års debatter om ingeniøruddannelser er der ofte talt om at indføre praktisk, ingeniørfagligt stof tidligt i uddannelsen. Begrundelsen har bl.a. været, at det var motiverende tidligt i studiet at arbejde med ingeniørlignende problemer. Betydningen heraf skal ikke underkendes, men sigtet med at arbejde med det konkrete stof, som studerende har umiddelbar forståelse af, før det generelle og abstrakte, er her primært begrundet i hensynet til indlæring: At det giver studerende bedre mulighed for at tilegne sig stoffet og opnå forståelse af det.

Opfattelsen af at emner i et kursus bør introduceres ud fra en faglogisk struktur - kumulativt i den forstand at emnerne logisk, deduktivt bygger ovenpå hinanden - er utvivlsomt fast indgroet. Den antagelse der ligger til grund herfor - at en sådan struktur indebærer at studerendes forståelse på samme måde opbygges - strider imidlertid mod vor viden om, hvordan mennesker bedst tilegner sig forståelse, og den svarer i øvrigt heller ikke til de fleste menneskers erfaringer om hvordan forståelse opnås uden for de formelle uddannelser.

At opnå forståelse er en aktiv proces, og det er en udviklingsproces der omfatter en vekselvirkning mellem den viden og forståelse og de erfaringer, studerende allerede har, og noget nyt: det, der skal læres. Man lærer ved at relatere og integrere ny information til noget allerede kendt. Det er meget vanskeligt at lære noget, man ikke kan relatere til et eller andet man har viden om og fortrolighed med. Vekselvirkningen kan bestå i, at man udfylder huller eller differentierer sin viden - at man ser ikke tidligere erkendte sammenhænge og analogier - at man konfronteres med sammenhænge, der er i modstrid med det man mente at forstå, og tvinges til at ændre eller udvide sin forståelse⁷. Planlægning af undervisning består blandt andet i at tilrettelægge et forløb, hvor der tages hensyn til, hvad studerende allerede har erfaringer med.

Modsætningen til en deduktiv struktur kan bestå i at strukturere stoffet sådan, at man introducerer elementer af stoffet i relation til elementer som studerende allerede er fortrolige med. Modsætningen kan også bestå i at springe ind i et centralt emne på tværs af logiske strukturer, og at bruge tid på at bearbejde det og derved gøre de studerende fortrolige med det. En måde hvorpå dette kan realiseres, er en egentlig problemorientering: Et problem der vedrører det centrale i emnet introduceres, så de studerende bliver fortrolige med det, og stoffet struktureres og gennemgås med reference til problemet.

Vi kan ud fra vort metrologieksempel vise en struktur, hvor flere af disse hensyn er søgt tilgodeset. Vi har omtalt at kursets indhold omfatter en række centrale elementer som knytter sig til flere forskellige måledimensioner. Ved at overveje de centrale elementer i relation til de forskellige dimensioner finder man, at nogle dimensioner i særlig grad er egnede til at illustrere bestemte centrale elementer. At f.eks. masse og vejning er velegnet til at illustrere begreberne; tilfældige kontra systematiske fejl, dele af sandsynlighedsregningen og "usikkerhedsbudget". Tilsvarende er længdemåling velegnet til at illustrere "sporbarhed" osv.

Man kan herudfra opdele kursets indhold i blokke, der hver for sig integrerer forskellige typer af metrologisk teori, teori der udgør forudsætning herfor samt metoder og principper til løsning af metrologiske problemer.

Blokkene kan introduceres ud fra en sammenhæng, der er kendt af studerende, og de kan introduceres ud fra et problem, der vedrører sammenhængen. Problemet kan være teoretisk eller f.eks.

⁷ Denne "vekselvirkning" mellem kendt stof og nyt stof er bl.a. behandlet i (22)

indebære en øvelse. I eksemplet indledes således den første blok, om masse og vejning, med en mindre laboratorieøvelse, og emner i relation hertil gennemgås ved en forelæsning. Derefter følger en ny øvelse, og derefter igen forelæsning i emner der knytter sig til denne.

Ligesom forudsætninger i statistik gennemgås i forbindelse med sandsynlighedsregning, gennemgås forudsætninger i fysik i direkte tilknytning til elektriske målinger.

Kurset indledes i øvrigt med nogle få forelæsninger, der dels giver en oversigt over kurset og de metrologiske problemer og opgaver ingeniører typisk stilles over for, dels introducerer nogle vigtige metrologiske begreber.

En undervisningsplan for kurset, struktureret på denne måde, kan antydes således:

Indledende forelæsninger: Oversigt over Metrologiske begreber

Blok 1: Øvelse i vejning Forelæsning om masse Øvelse i vejning, analyse af data samt usikkerhedsbudget Forelæsninger i analyse af data og sandsynlighedsregning

Blok 2: Øvelse i længdemåling Forelæsninger om længdemåling Opgave i sporbarhed
--

osv.

Det skal understreges, at de centrale elementer, der er gennemgået i den ene blok tages op igen i forbindelse med senere blokke i relation til pågældende måledimensioner. F. eks. tages systematiske vs. tilfældige fejl og usikkerhedsberegning, som er gennemgået i forbindelse med vejning, op igen i forbindelse med længdemåling og de øvrige dimensioner. Fordelen er, at det nu kan ske som en kort repetition i analogi med den tidligere gennemgang, da elementet allerede er behandlet indgående. Man kan således påpege at det drejer sig om specifikke udformninger af noget mere generelt.

Fordelene ved en sådan blokstruktur kan være flere:

- Man kan få tid til en grundigere behandling af de centrale elementer i stoffet, ved at samle gennemgangen i stedet for at sprede den på flere gange.
- Man kan starte med, inden for hver blok, at introducere en helhed studerende kan få et forhold til og relatere teori til. Kan helheden gøres konkret, får de studerende mulighed for at forbinde forståelse af abstrakt teori med konkrete forhold.
- Det er muligt at integrere teoretisk forståelse med problemløsningskompetence på en for de studerende synlig måde.
- Den gør det muligt at se det generelle i forskellige specifikke udformninger.

Strukturering i blokke og problemorientering kan naturligvis udformes på mange forskellige måder, afhængig af bl.a. undervisningsmål og fagområde (og inden for et bestemt kursus som metrologikurset kan den også gives forskellige udformninger).

5. Valg og strukturering af indlæringsprocesser

Vi har i det foregående fokuseret på planlægning af stoffet. Vi vil nu vende os mod planlægning af indlæringsprocesser og inddrage overvejelser over typer af indlæringsprocesser ud fra hvilke funktioner, de egner sig til i et undervisningsforløb.

Ser man på den omtale undervisningsformer får i kursusbeskrivelser og læseplaner, omfatter undervisningen på DTU tre hovedtyper:

- Forelæsninger hvor der meddeles stof og hvor præsentationen af stoffet er styret af en lærer - evt. kombineret med selvstudier.
- Studerendes mere aktive arbejde med stoffet i form af øvelser, opgaveregning, løsning af tests og lignende hvor stoffet, der er gennemgået ved forelæsninger, indøves, og hvor indlæringen understøttes ved at studerende får egne oplevelser af sammenhænge.
- Mere selvstændige arbejdsformer i form af større opgaver og projekter, problem- og casebaseret undervisning, hvor studerende lærer stoffet og lærer at bruge metoder ved selv at arbejde med stoffet og løse problemer.

Det mest almindelige er at studerendes aktive og selvstændige arbejde med stoffet først sker efter forelæsninger. Det er desuden ofte sådan at disse former er adskilte og planlagt hver for sig i forskellige kurser med hver sin eksamen. Det er endvidere i praksis almindeligt at forelæsningskurser og øvelseskurser inden for samme emne er tidsmæssigt adskilt, ofte med flere semestre. Endelig er der mange studerende, som deltager i forelæsningskurser uden at følge de tilknyttede øvelseskurser.

Vi vil heroverfor argumentere for to hovedsynspunkter: For det første, at de forskellige undervisningsformer, der anvendes i undervisningen af et emne planlægges samlet, integreres og fører til samme eksamen. For det andet, at rækkefølgen - først forelæsning og så mere studenteraktive former - i mange tilfælde med fordel kan vendes om.

Det er en meget optimistisk antagelse, at større dele af det studerende hører i forelæsninger i et af flere forskellige kurser, huskes til et senere øvelseskursus og kan ses i sammenhæng med øvelser, der er planlagt af en anden lærer. Eller omvendt, at øvelser, opgaver eller selvstændigt arbejde med et emne, som er adskilt ofte med halve eller hele år fra en præsentation af nyt stof, bidrager væsentligt til at give en fortrolighed med dele af stoffet, man kan bygge videre på. Det er da også en af de vanskeligheder studerende hyppigt angiver ved interviews, at de ved øvelseskurser ikke har megen erindring om stoffet fra tidligere forelæsningskurser.

Sekvensering af læreprocesser

Vi har tidligere været inde på den opfattelse, at indlæring er en aktiv mental proces hos studerende, og at undervisningens opgave er at give de bedste betingelser for at indlæringsprocessen sættes i gang og befordres. Ud fra en sådan opfattelse forudsætter en effektiv indlæring og opnåelse af forståelse:

- At undervisningen både omfatter momenter hvor der meddeles stof, og momenter hvor de studerende udfordres, hvor der stilles spørgsmål og rejses problemer.
- At studerende under indlæringsprocessen har en intuitiv forståelse af en helhed som ny viden, så vidt det er muligt, kan relateres til.

Som en tredje forudsætning vil vi tilføje:

- At studerende så vidt muligt bringes til selv at påtage sig ansvaret for indlæringsprocessen.

Denne opfattelse af indlæring taler for at undervisningsforløb, det kan være et kursus eller en del af et kursus, indledes med en form for aktivering af de studerende. Det vil sige at de studerende ved en øvelse, en opgave, en test eller eventuelt blot ved kort at overveje et problem dels bringes til at gøre sig klart at der er et problem eller et spørgsmål, dels opnår en vis fortrolighed med hvad den videre undervisning drejer sig om.

Man kan lære noget ved blot at få meddelt stof, f.eks. ved at lytte til forelæsninger. Men, som det er sagt, forelæsninger giver ofte svar på spørgsmål ingen har stillet. Megen erfaring viser, at det er muligt at lære noget ved at lytte til præsentationer af stof man som studerende ikke har nogen ide om hvad kan bruges til, men erfaringen viser også at udbyttet er for ringe. Det kan betale sig at få spørgsmålene stillet. Undervisning må omfatte læreprocesser i hvilke der tilbydes viden, men også momenter hvor der stilles spørgsmål og problematiseres, hvor studerende udfordres til at ræsonnere⁸.

Man kan som lærer stille spørgsmålene selv. Man kan starte en forelæsning eller forelæsningsrække med at gøre de studerende klart, hvad det er for problemer den efterfølgende teori kan løse. Hvis man så relaterer teorien til problemet, vil det befordre indlæringsprocessen. Men chancen for at studerende udfordres af problemet er naturligvis væsentligt større hvis de selv får lov at arbejde med det. Arbejdet med et problem vil give de studerende en mulighed for at gøre sig fortrolige med en helhed de kan relatere teorien til. Og det vil give større chancer for at de påtager sig ansvaret for indlæringen.

At skulle løse opgaver eller problemer før man har lært teorien strider mod mange læreres opfattelse af undervisning. For så vidt er det heller ikke det der er sigtet. Studerende kan naturligvis ikke i starten af et kursus præstere de samme problemløsninger som når de har lært teorien. Den studenteraktivitet, der med fordel kan indledes med, går ud på at gøre de studerende klart, hvad det er for problemer teorien drejer sig om. I metrologieksemplet indledes flere af blokkene med en opgave der netop har denne karakter. F.eks. indledes blokken om vejning med en laboratorieøvelse, der dels lærer studerende principper for vejning og kalibrering, dels gør klart at der er behov for at lære noget om usikkerhedsberegninger.

De fleste af os kender tilfredsstillelsen ved at høre gode foredrag, der giver nye sammenhænge eller nye synsvinkler på sammenhænge inden for fagområder vi arbejder med. Når vi her kan

⁸ I nogle amerikanske undersøgelser har man fundet at stadig udfordring af studerende hører til de vigtigste faktorer der kendetegner god undervisning. (19)

mobilisere meget stor opmærksomhed og opnå meget stort udbytte, er det jo netop fordi vi kan relatere det til noget vi forstår, og fordi det giver svar på noget vi er udfordret af.

Arten og omfanget af den indledende aktivitet er naturligvis afhængigt af mange forhold. Det er afhængigt af fagområdet. Det er afhængigt af, hvor meget der skal til for at gøre det indlysende hvad stoffet bruges til. Og det er afhængigt af arten af kurset, blandt andet af om det drejer sig om et kursus tidligt i uddannelsen, hvor det er uklart for studerende hvad fagområdet "giver svar på", eller sent i studiet hvor studerende måske har valgt kurset netop fordi de har indset problemer kurset kan hjælpe dem over. Det må også afhænge af kursets art og indhold, hvorvidt man skal indlede med en opgave eller, som i metrologieksemplet, indlede dele af kurset, nemlig de enkelte blokke, med opgaver og øvelser. Endelig kan kurser i nogle tilfælde struktureres så en del af kurset indeholder spørgsmålet til den efterfølgende del.

Øvelser, opgaver og projekter har andre indlæringsfunktioner end den at rejse spørgsmål og udfordre studerende og gøre dem fortrolige med en helhed de kan relatere teori til. De skal også slå teorien fast og indøve metoder og måder at betragte stoffet på. Og det er gennem øvelser og projekter studerende konfronteres med virkeligheden, hvilket vi kommer ind på i et følgende afsnit.

Induktivt princip

Undervisning kan tilrettelægges så en stor del af indlæringen af stof sker ved de studerendes arbejde med løsningen af et problem i form af opgaver eller projekter og ved tilhørende litteraturstudier. Der er da tale om egentlig induktiv undervisning.

Induktive undervisningsformer kan både bestå i større projektorganiserede forløb og mindre omfattende forløb i forbindelse med løsning af begrænsede opgaver.

Der er utvivlsomt indlæringsmæssige fordele ved at lære stoffet ved at arbejde med det. På den anden side er det naturligvis urealistisk at forestille sig at alt bliver lært på den måde.

Anvendelse af induktive undervisningsformer opfattes undertiden som undervisning hvor studerende skal "genopdage" et fagområde. Det er en misforståelse. Anvendes princippet fornuftigt, arbejder studerende med løsning af problemer læreren har fundet velegnede og de lærer derved emner der er særligt væsentlige. Drejer det sig om længerevarende forløb læser de litteratur om emnet. I metrologieksemplet indledes, som nævnt, flere "blokke" med opgaver og øvelser. Et eksempel, der kan illustrere et kort induktivt forløb, er omtalt på den følgende side (om kalibrering af en vægt).

Det hører med til en fornuftig anvendelse af et induktivt princip, at læreren efterfølgende har et ansvar for at korrigere misforståelser og generalisere den viden om specifikke forhold de studerende har lært ved arbejdet med løsning af et problem.

Konfrontation med virkeligheden

Blandt de vanskeligheder ved at opnå forståelse, som hyppigst afsløres i interviews med studerende, er problemer med at forestille sig hvordan processer foregår og anlæg konkret virker, og hvad abstrakte begreber og sammenhænge svarer til i virkeligheden. Virkeligheden skal her ses i flere betydninger. Det problem vi oftest hører om ved interviews, drejer sig om overhovedet at forestille sig abstrakte begreber og sammenhænge i relation til noget studerende har erfaring med. Der synes at være et stort behov for øvelser, visualiseringer og demonstrationer i forbindelse med præsentationen af nyt, abstrakt stof. Vanskelighederne understreger i øvrigt yderligere behovet for tidligt at give studerende en intuitiv, konkret fornemmelse og forståelse.

Et videre problem ligger i at få kendskab til, hvordan tingene fungerer i praksis, uden for DTU's mure.

En anden form for konfrontation med virkeligheden vedrører hvad vi vil betegne som et *empirisk princip*. Det drejer sig om det forhold, at lærere ofte synes at filtrere og dosere virkeligheden - at afgøre hvilke elementer af virkeligheden der er relevante - før studerende får et problem at løse.

Studerende får i opgaver oftest de oplysninger der er nødvendige og tilstrækkelige til en - den rigtige - løsning. I tests hvor studerende selv har skullet afgøre hvilke oplysninger der er nødvendige for løsning af en opgave, har de opfattet dette som noget fremmedartet og vanskeligt. Et empirisk princip i denne betydning af ordet indebærer at læreren undlader at filtrere virkeligheden. De studerende må, i hvert fald i nogle tilfælde, selv tage stilling til hvilke aspekter de vil inddrage, og de får opgaver og øvelser hvor de selv opdager pointer og begrænsninger af teori og metoder ved at konfronteres med konsekvenser af deres opfattelser.

Eksempelvis kan de studerende i metrologikurset som indledning til emnet vejning få en opgave hvor de skal kalibrere en vægt med en beholder. Vægten skal med en given nøjagtighed kunne veje op til 1000 liter vand i en beholder. Ved at arbejde med opgaven vil de studerende blive tvunget til ræsonnementer over usikkerheder og årsager til usikkerheder, og de vil opdage at en ideel korrekt løsning ikke er mulig. De må så finde metoder til at få tilnærmede løsninger og vurdere disse.

Eksplicitering af læreprocessen

Det ligger i forlængelse af den opfattelse af indlæring vi i det foregående har været inde på, at de studerendes indlæring kan forbedres hvis de gøres bevidste om deres egen indlæringsproces.

Når de studerende søger at forstå nyt stof er det en hjælp at de får påpeget, hvornår ræsonnementer er fornuftige og hvornår de ikke er; hvornår analogier med kendte sammenhænge er frugtbare, og hvornår de fører på vildspor og at nogle sammenhænge kan ses som specifikke udgaver af mere generelle lovmæssigheder. Megen moderne videnskab er det vanskeligt at forholde sig til intuitivt eller den strider direkte mod intuitive forestillinger. I sådanne tilfælde kan påpegning af fejlslutninger være lige så lærerige som korrekte slutninger. Men det forudsætter, at de studerende bliver klar over hvor og hvorfor deres forestillinger eller slutninger fører på vildspor. I sidste afsnit anførte vi, som et empirisk princip, at studerende kan lære af at konfrontere deres forsøg på løsning af problemer med virkeligheden, men udbyttet heraf sikres kun ved at det gøres klart hvad der gik godt og hvad der gik galt i deres forsøg.

Et middel til at gøre studerendes indlæringsproces eksplicit er at konfrontere dem med konsekvenser af deres egne forsøg på ræsonneren og problemløsning. Det taler for at bruge forståelsesmæssige tests og gennemgå både korrekte og fejlagtige besvarelser. Det taler ydermere for en grundig behandling af løsninger af opgaver, øvelser og projekter. (I øvrigt taler det også for, at gennemgang af studerendes besvarelser af eksamensopgaver gøres obligatorisk). Dette vil være tidskrævende, især hvis man skal gennemføre individuelle drøftelser af opgaveløsninger, hvilket vil være det optimale. Der kan imidlertid også opnås meget ved gennemgang i forelæsningsform af væsentlige pointer i opgaver, og af fejltagelser, der illustrerer vanskelighederne. Det vil måske ofte være vigtigere at bruge tid på dette, end på meddelelse af stof, som studerende selv kan læse.

En metode til at gøre de studerendes forståelse eksplicit er at afkræve dem forklaringer på vanskelige sammenhænge i hverdagssprog. Metoden har i de senere år vundet indpas blandt andet på flere amerikanske universiteter, for eksempel i form af at lade studerende agere brevkasse og svare på spørgsmål (som stilles af læreren). Det at blive tvunget til at forklare vanskelige tekniske, videnskabelige sammenhænge i hverdagssprog - og få forklaringen korrigeret og drøftet - kan have en betydelig indlæringseffekt.

6. Valg af undervisnings- og eksamensformer

Undervisningsformer udgør måder at organisere rammerne for de studerendes indlæringsproces på. Når man har gjort sig klart, hvilken kompetence de studerende skal opnå og hvilke principper man vil anvende, og dermed hvilke hensyn til de studerendes indlæringsproces man vil prioritere, må man vælge de undervisningsformer man vil benytte.

Vi vil i et senere skrift beskrive undervisningsformer og erfaringer med undervisningsformer konkret i ingeniøruddannelser. Når vi behandler principper for strukturering af kurser før valget af undervisningsformer, er det ud fra den opfattelse, at overvejelser over hvilke principper man vil benytte er det vigtigste og må komme før valg af konkrete undervisningsformer.

Pædagogiske diskussioner samler sig ofte om den ene undervisningsform over for den anden; om fordele og mangler ved for eksempel projektorganisering, mangler ved forelæsningsformen osv. Men ingen undervisningsform kan i sig selv garantere et godt udbytte. Det interessante ved de forskellige former er, hvad de bruges til og den kombination med andre former, i hvilken de indgår.

Vi omtalte i afsnit 5 nogle hovedtyper af undervisningsformer: forelæsninger, studerendes mere aktive arbejde med stoffet i form af øvelser, opgaveregning og tests – samt mere selvstændige, studenteraktiverende undervisningsformer som større opgaver, projektorganiseret undervisning, forskellige former for problemorienteret undervisning, og behandling af cases.

Når de mere selvstændige studenteraktiverende undervisningsformer i disse år drøftes og indføres i mange højere/professions uddannelser, har det flere årsager. Det kan for det første være berettiget udfra hensyn til den type af kompetence, man vil opnå. Har man som mål for et kursus, at de studerende skal opnå kompetence i at løse komplekse, praktiske eller tilnærmet praktiske problemer, må undervisningsformen vælges derefter. De studerende må da konfronteres med åbne problemstillinger og selv afgrænse dem, de må opstille kriterier for valg af løsningsmetoder, modeller og begrebsliggøre dem udfra fagområdets teori⁹ og gennemføre løsninger. Og de må have vejledning heri og kritik af alle led i deres arbejde.

Samtidig kan formen i en passende kombination med andre former indebære anvendelse af mange af de principper, vi har behandlet. Derudover er formen velegnet til at opnå generelle elementer af kompetence som samarbejde, søgning og vurdering af informationer, evne til kommunikation, rapportskrivning etc.

Endelig opfatter studerende ofte det at arbejde med projekter som motiverende. I mange tilfælde i en sådan grad at de overtager ansvaret for at styre arbejdet.

Er den tilsigtede kompetence viden og forståelse af fagligt stof, er der imidlertid en betydelig mulighed for at substituere mellem kombinationer af undervisningsformer. Meget af det der kan opnås ved længere projektarbejder, kan også opnås ved mindre, veltilrettelagte øvelser eller opgaver, kombineret med efterfølgende forelæsninger, der forholder sig til de studerendes besvarelser. At lægge vægt på at det er kombinationen af undervisningsformer der er afgørende for udbyttet, indebærer at forelæsninger og øvelser der gensidigt skal understøtte hinanden planlægges samlet. Det bliver meget vanskeligt når øvelserne som nu meget ofte gennemføres i selvstændige kurser og

⁹ Dette skrifts begrænsning til væsentligst at behandle planlægning af enkelte kurser indebærer en fokusering på at opnå kompetence inden for enkelte fag. Skal studerende opnå en professionel kompetence der omfatter løsning af autentiske praktiske, kan dette imidlertid ikke ske inden for rammerne af enkelte fag.

planlægges af en anden lærer end den der planlægger forelæsningerne.

Evaluering som indlæringsmiddel

Ved undervisning under forskellige former kan lærere søge at tilrettelægge og styre studerendes indlæringsprocesser. De kan udfordre og inspirere, de kan give betingelser for indlæring og tilbyde gennemgang af stof. Men det er de studerende, som må lære sig det. Man kan trække heste til vandtruget, men drikke må de som bekendt selv.

Evaluering af studerende kan være et aktivt middel til at befordre den indlæring man søger at opnå. Ved tests i løbet af et kursus kan man effektivt gøre de studerende klart hvad man sigter mod og, som tidligere omtalt, gøre det klart hvor de står i forhold til målet.

Eksamen

Det middel, der i uddannelser som DTU's er det mest styrende, er eksaminer. Gang på gang får vi i interviews at vide, at det er det at bestå eksamen, der er det afgørende for studerendes indsats. Deres opfattelse af hvad der tæller ved eksamen, er det de styrer mod og arbejder for at lære.

Dette taler meget stærkt for at udnytte eksaminer bedre som indlæringsmiddel. De eksamensformer, der kan benyttes til at styre studerendes indsats mod at opnå forståelse og kompetence til at løse problemer, er dem som tester forståelse og problemløsning. Det kan være afløsningsopgaver, mundtlige eksaminer, mundtligt forsvar for større opgavebesvarelser og projekter etc., eller det kan være skriftlige, kvalitative tests som dem, der er anvendt i kvalitetsudviklingsprojektet "Faglig Sammenhæng".

Anvendelsen af sådanne former har en pris. De er nok ofte dyrere end korte skriftlige opgaver hvis det drejer sig om større hold, og bedømmelsen er mere diskutabel end et facit på en beregningsopgave. Heroverfor taler, at hvis man bruger eksamensformer der tester forståelse, vil de anseelige midler, der bruges på eksaminer ikke kun tjene et kontrolformål, men bidrage til forbedring af uddannelsens kvalitet. Eksaminer brugt på denne måde vil få de studerende til at lægge vægt på det, der er det egentlige formål med uddannelsen. En mulighed vil også være at afholde færre eksaminer ved at udbyde større kurser og/eller eksaminere samlet i flere kursers pensum.

Behandlingen i de forgående afsnit af studerendes indlæringsproces har undertiden kunnet synes noget idylliserende. Det gælder nok den implicite forudsætning, at de studerende arbejder for at opnå forståelse, og at undervisningens opgave er at støtte denne bestræbelse. Indfører man eksaminer der tester studerendes forståelse, og derved sporer dem ind på at det er det der drejer sig om, vil denne forudsætning i langt højere grad kunne holde.

7. Resume

Her skal de vigtigste principper resumeres i stikordsform:

Om mål og kompetence

- Overvej den kompetence studerende skal opnå som grundlag for prioritering af stof og for den videre planlægning.
- Overvej det kompetenceniveau de studerende skal opnå.

Det centrale. Eksemplarisk princip

- Find de mest centrale begreber, modeller, sammenhænge, typer af ræsonnementer i stoffet.
- Læg vægten på at disse virkelig forstås, evt. på bekostning af mindre væsentligt stof.

Sekvensering af emner. Problemorientering

- Tag udgangspunkt i de dele af stoffet de studerende kender og forstår, og byg videre på det.
- Skab eventuelt et sådant kendt udgangspunkt ved at starte med et konkret problem, og organiser stoffet ud fra problemet.

Valg og sekvensering af læreprocesser. Induktivt princip

- Brug opgaver og øvelser tidligt i forløbet til at gøre udgangspunktet kendt og til at udfordre de studerende.
- Brug en induktiv undervisningsform til at opnå virkelig forståelse af de mest vigtige, centrale og vanskelige emner.

Konkretisering. Empirisk princip

- Konkretiser abstrakte sammenhænge.
- Forsøg at vise, hvordan tingene ser ud i virkeligheden.
- Påvis sammenhænge mellem det abstrakte og det konkrete.
- Visualiser abstrakte sammenhænge.
- Benyt det empiriske princip: lad de studerende opleve konsekvenser af deres ræsonnementer og problemløsning. Lad dem opleve teoriens bidrag til løsning af problemer og grænserne herfor.

Eksplicitering af studerendes læreproces

- Hjælp de studerende med at gøre sig deres læreproces klar:
 - brug tests - dels for at gøre klart hvad de studerende i øvelser, opgaver og tests har gjort rigtigt - dels for at gøre klart hvad de har gjort forkert - og hvorfor,
 - påvis analogier til hvad studerende har set i andre sammenhænge,
 - vis hvad der er specifikke udgaver af noget mere generelt,
 - påvis hvad der er det væsentlige og centrale.

Undervisnings- og evalueringsformer

- Vælg kombinationer af undervisningsformer der støtter de studerendes læreproces.
- Brug studenteraktive (induktive) undervisningsformer til at etablere forståelse.
- Brug tests i løbet af kurset til at styre de studerendes indsats mod det, der er vigtigt.

Og hvad der måske er det vigtigste, og en forudsætning for at studerende tager deres læreproces alvorligt:

- Vælg eksamensformer, der tester det væsentligste - forståelse af det centrale, højere kompetenceniveauer - og dermed styrer de studerendes indsats.

8. Teoretisk grundlag

I dette skrift er emner fra universitetspædagogik af relevans for kursusplanlægning behandlet i en meget kort form med vægt på praktisk planlægning. Der er kun undtagelsesvis refereret til alternative opfattelser og teoretiske diskussioner. Da samtidig principper og overvejelser i dette skrift har en udformning, der for en stor dels vedkommende ikke fremgår af tidligere publicerede arbejder, har vi fundet rimeligt at redegøre for det teoretiske, og i nogle tilfælde empiriske, grundlag for indholdet.

Angående kompetence og undervisningsmål har behandlingen et udgangspunkt i litteraturen om undervisningsmål, især B.S. Blooms taksonomi for undervisningsmål (2). De kompetenceniveauer der er anført i dette skrift afviger dog på flere måder ret afgørende fra Blooms taksonomi. Ved fastlæggelse af kompetenceniveauer er der i skriftet taget udgangspunkt i sondringer mellem former for kompetence, der er af relevans for professionsuddannelser. For et alternativt forsøg herpå, se (4).

Baggrunden herfor er litteratur om problemløsning og undersøgelser af ingeniørers brug af viden. En indledende behandling af viden- og forståelsesformer, der indgår i ingeniørmæssig problemløsning, findes i (11), der omfatter en del referencer.

Vægten på at koncentrere undervisningen på centrale elementer af ingeniørfag er stærkt inspireret af især W. Klafkis begreber om "det fundamentale" og "elementære" samt M. Wagenschein "eksemplariske princip" (14, 15, 24, 25, 30, 31), men tillige af T.S. Kuhns eksemplarbegreb (16). Det indgår tillige i "den videnskabscentrerede læseplansteori" (3) og i en del nyere litteratur som "key concepts", "core concepts" etc. Centrale elementer af ingeniørkompetence i form af begreber, modeller, sammenhænge og typer af ræsonnementer er drøftet med lærere fra forskellige fag, bl.a. som led i kvalitetsudviklingsprojektet "Faglig Sammenhæng".

En kritik af den "deduktive" struktur i videnskabscentreret læreplansteori er behandlet blandt andet af Ole Skovsmose (28). De forsøg inden for medicinstudiet der refereres til er beskrevet af V. Patel (25)

De gennemgåede undervisningsprincipper har forskellig baggrund og er for nogles vedkommende tidligere i litteraturen formuleret som egentlige principper (8, 9, 18), andre er ikke.

Den opfattelse af studerendes læreproces og af sekvensering, såvel af emner som undervisningsformer, som her er redegjort for, ligger tæt op ad en "konstruktivistisk" tankegang (7, 22). Dette gælder også det der her er beskrevet som princippet om eksplicitering af læreprocessen (i mange fremstillinger benævnt som "metakognition" (7, 23)) og benyttelse af tests, blandt andet hverdagsproglige "tests" som led i undervisningen (1, 12, 19, 32).

Vægten af at undervisningen skal give forståelse har relation til litteraturen om "deep" ctr. "surface" learning (20, 21, 27).

Det at studerende på universiteter opnår en for ringe begrebslig forståelse, også selvom de gennemfører uddannelserne med pæne karakterer, er fundet i en række undersøgelser fra forskellige universiteter. (5, 13, 24, 26, 29)

Beskrivelser af DTU-studerendes forståelsesmæssige vanskeligheder, studiestrategi og fokusering på eksamen bygger især på interviews med studerende gennemført i forbindelse med kvalitets-

udviklingsprojektet "Faglig Sammenhæng" og på en tidligere undersøgelse (10). I øvrigt er lignende forhold fundet ved andre undersøgelser (5, 27).

